



УДК 528.94:630

DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-1-92-105

## Аппаратно-программная реализация инфраструктуры единого геоинформационного центра лесного хозяйства

*М. Р. Вагизов<sup>1</sup>\*, А. М. Заяц<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

\*e-mail: bars-tatarin@yandex.ru

**Аннотация.** Представленный материал является продолжением статьи по концепции инфраструктуры единого геоинформационного центра (ЕГИЦ), раскрывающим архитектуру модели информационной системы, реализующую сетевую архитектуру как основной аспект-принцип интероперабельности. Сетевая архитектура построения информационной системы ЕГИЦ воплощен в объединении всех объектов системы как в ее периметре, так и вне его в единое информационное пространство (сетевую среду), а интероперабельность обеспечивается предлагаемой технологией взаимодействия на базе расширенного протокола очереди сообщений – AMQP, предоставляющего всем объектам сетевой среды возможности беспрепятственного взаимного обмена информацией независимо от выполняемых ими функций и от их внутренней структуры. На указанной основе предложена схема архитектуры информационной системы единого геоинформационного центра лесного хозяйства, с компонентами как в ее периметре, так и вне его.

**Ключевые слова:** сетевая архитектура построения информационной системы, принцип интероперабельности, архитектура информационной системы, геоинформационное моделирование лесных экосистем, центр управления

### *Введение*

В российских и зарубежных публикациях в достаточной степени отражены вопросы построения информационных систем лесного хозяйства различного назначения [1, 2], но все они не отвечают требованиям построения интеграционных структур, объединяющих как аппаратно-программные компоненты, так и данные, получаемые от различных источников как в периметре системы, так и вне его.

Материал статьи направлен на решение актуальной научной проблемы, состоящей в разработке обоснованных рекомендаций по использованию инновационных технологий построения инфраструктуры единого геоинформационного центра лесного хозяйства.

Решение данной проблемы обусловлено требованиями национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 04.06.2019 № 7, и входящими в ее состав такими федеральными проектами, как «Информационная инфраструктура» и «Цифровые технологии».

Управление лесным хозяйством базируется на актуальной информации о состоянии лесных территорий. Проведенный анализ показывает [3, 4], что в настоящее время в различных регионах России функционируют системы мониторинга лесных территорий различного класса и технологий, являющиеся основными поставщиками актуальной инфор-

мации о лесе, однако существующие системы работают автономно и не являются «системами систем». Такое состояние не обеспечивает формирование разносторонней информации, необходимой для всестороннего анализа и эффективной и оперативной выработки управленческих решений, снижающих негативное влияние различных антропогенных воздействий на лесные экосистемы.

В материале статьи [5] обоснована необходимость создания единого геоинформационного центра лесного хозяйства и предложены концептуальные положения по построению его инфраструктуры, особенностью которой является распределенность ее инфокоммуникационной системы, гетерогенность аппаратных компонентов, разнообразие программных и инфокоммуникационных средств и технологий, информационная взаимосвязь с внешними объектами глобального информационного пространства, порождающих нужную информацию. Необходимость построения ЕГИЦ на предложенных принципах определяется также большими объемами оперируемой информации, содержащей разнородные геопространственные данные.

Так, изображения аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БЛА), являющиеся одним из источников обрабатываемой информации в лесоустройстве, обладают не только высоким качеством, но и большим объемом информации. При разрешающей способности фотофиксирующей камеры формата 4K (3840 × 2160) пикселей, объем снимков 1 файла может достигать до 15 мегабайт. Как правило, за один полет может сформироваться массив данных более 5 гигабайт. Далее полученный массив данных требует специальной обработки вычислительными средствами в информационной среде взаимодействия в ЕГИЦ для построения, например, будущего ортофотоплана и дальнейшей коррекции материалов: качества, всесторонней обработки для подготовки данных к геоинформационному моделированию территорий.

Построение единого геоинформационного центра на предлагаемых принципах позволяет обеспечить интеграцию технологии геоинфор-

мационного моделирования [6–9], в задачи которой входит построение модели лесной экосистемы на базе комплексирования данных различных форматов и взаимодействия с большим числом различных источников информации. К таким источникам разнородных данных можно отнести: информационные системы мониторинга лесных территорий различной архитектуры, системы дистанционного зондирования Земли, геоинформационные системы, веб-картографические сервисы и геосервисы, а также приложения глобальных сетей.

### *Материалы и методы*

Современное развитие микропроцессорных, инфокоммуникационных технологий, массового применения сетевых сервисов и технологий приводит к росту функциональных и вычислительных возможностей информационных систем для принятия управленческих решений.

Взаимодействие лица, принимающего решения (рис. 1), происходит посредством анализа и решения задач геоинформационного моделирования на основе интеграции данных различных форматов в ходе взаимодействия процессов моделирования и проектирования лесных территорий в ЕГИЦ. Современные геоинформационные системы, используемые в лесном хозяйстве [10], решают только часть обозначенных задач, поскольку в своей структуре используют преимущественно растровые типы данных, слои данных в них представлены в виде набора полигонов, выделов и линий векторного формата, однако это не единственные способы представления информации о состоянии земель лесного фонда.

Эффективное взаимодействие в такой конфигурации предполагает объединение всех источников информации в единую информационно-коммуникационную среду, с учетом разнообразия и разнородности ее компонентов.

В таких средах системостроение смещается от локальных, разрозненных и слабосвязанных компьютерных/сетевых архитектур к глобально распределенным и сильно связанным на основе сетевидного подхода построения структуры ЕГИЦ, определяющего формирование единого связанного

цикла технологических задач управления лесным хозяйством на основе:

- системного мониторинга лесных экосистем;

- мониторинга лесовосстановления;
- лесопатологического мониторинга;
- сбора таксационных данных;
- мониторинга пожарной обстановки.

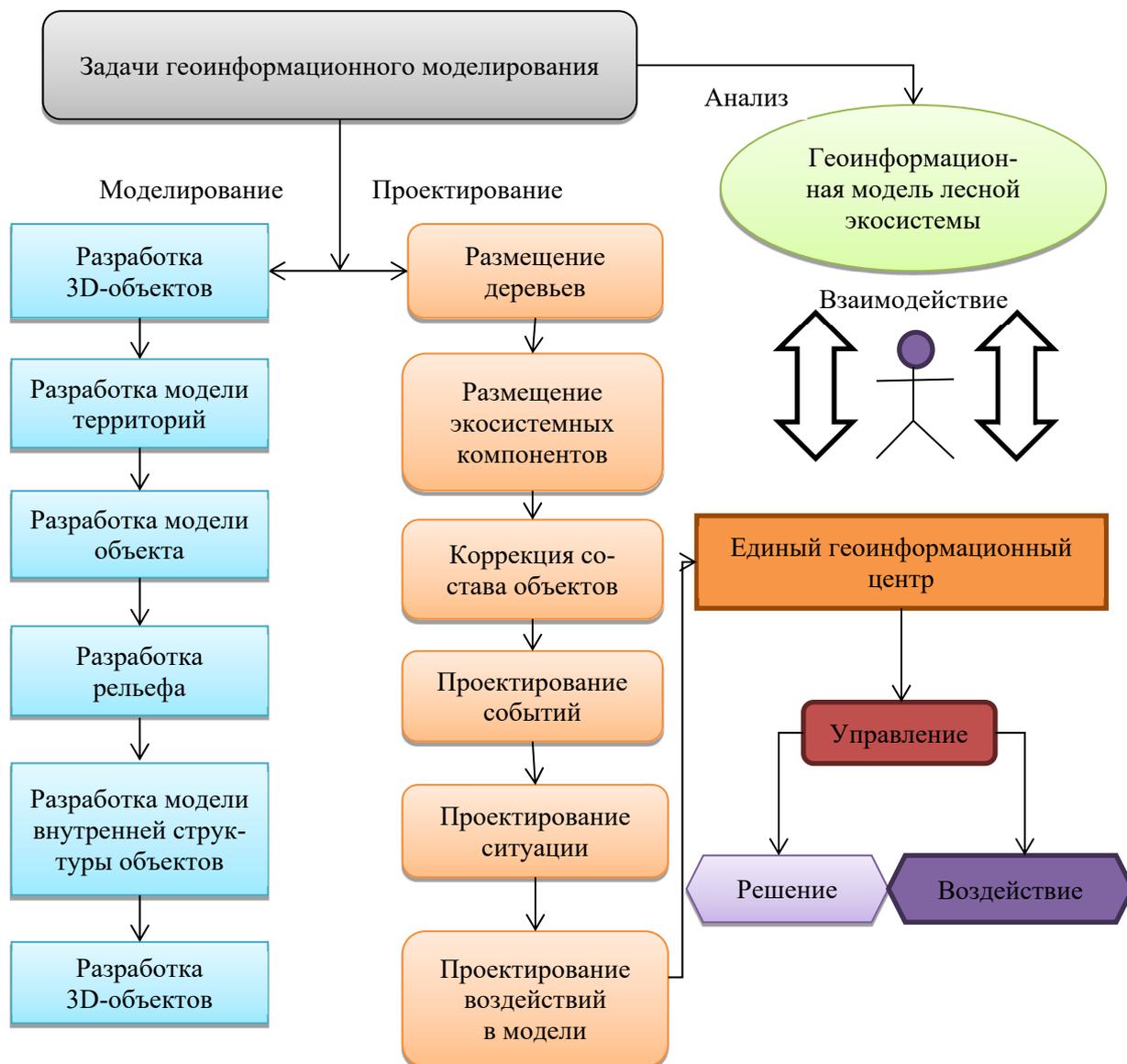


Рис. 1. Схема взаимодействия компонент ЕИГЦ в ходе геоинформационного моделирования

Большое количество достаточно разнообразных задач управления лесным хозяйством предполагает необходимость сильно связанной, единой системы, в которой лицо, принимающее решение, может комплексно оценить текущую обстановку с разных позиций и выработать управляющее воздействие, учитывающее наиболее обобщенный набор рассматриваемых данных и ситуаций.

Связность таких систем определяется универсальными компьютерно-сетевыми технологиями, системообразующие свойства которых инвариантны к количеству и составу связываемых устройств путем перехода от классических архитектур информационных систем и технологий к сетевым моделям.

Следует заметить, что сетевый подход построения систем получил широкое

применение в военной области, а в других предметных областях отмечается отставание в его применении [11–14]. Инновационность и интероперабельность построения таких систем предопределило его использование в практической реализации рассматриваемой инфраструктуры ЕГИЦ.

Сетецентрический подход построения систем предполагает объединение всех элементов системы в единое информационное пространство (сетецентрическую среду), обеспечение полной интероперабельности компонентов, предоставление всем элементам системы возможностей беспрепятственного взаимного обмена информацией независимо от структуры компонентов и выполняемых функций [15].

Остановимся на рассмотрении принципа интероперабельности (семантического и технического) как основного аспекта сетецентричности [16, 17].

**Интероперабельность** (*interoperability*): способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией, к использованию информации, полученной в результате обмена, и переносу приложений на различные аппаратные платформы, операционные системы, сетевые протоколы.

При этом различают семантическую интероперабельность (*semantic interoperability*) как способность взаимодействующих информационных систем одинаковым образом интерпретировать смысл информации, которой они обмениваются. Она позволяет системам комплексировать полученную информацию с другими информационными ресурсами и вести ее обработку. Смысловое содержание семантической интероперабельности достигается за счет применения стандартов типа XML, XSD, RDF, OWL.

Техническая интероперабельность (*technical interoperability*) предполагает взаимодействие на уровне технических средств, аппаратных и программных комплексов, их интерфейсов и протоколов обмена информацией, а также форматов представления информации.

Переход от классической архитектуры информационной системы и технологий управ-

ления в ЕГИЦ к сетецентрическим предполагает объединение компьютерных и сетевых архитектур на основе интероперабельности в единую информационно-коммуникационную среду взаимодействия с различными приложениями, ресурсами и компонентами информационной системы, находящимися как внутри, так и за ее периметром.

Такое объединение позволит:

- повысить своевременность информационного обмена и оперативность принятия решений за счет наличия прямых информационных связей между элементами;

- расширить диапазон, полноту и актуальность информации о состоянии системы и окружающей среды;

- обращаться к нужным информационным ресурсам и их функциональным возможностям вне зависимости от их географического положения и иерархической принадлежности;

- стабилизировать устойчивость информационного обмена и непрерывность функционирования информационной системы ЕГИЦ за счет возможности использования резервных путей передачи информации;

- оперировать разнородными данными с гетерогенной структурой и при необходимости комплексировать информацию в геопространственные модели.

Анализ научных работ [18, 19] показывает, что для предлагаемой сетецентрической архитектуры ИС ЕГИЦ одним из рациональных способов обеспечения интероперабельности является внедрение промежуточного слоя программного обеспечения и общего стандартного набора сервисов и технологий, обращение к которым позволит разнородным источникам взаимодействовать между собой, невзирая на различия в их реализации, структуре и месторасположении.

Структура геопространственных данных разнообразна по форматам и представлениям, технологиям и способам передачи информации. При этом разные источники информации, ресурсы и сервисы могут находиться на разных компьютерах и различных платформах в периметре и за периметром информационной системы, поэтому на программный промежуточный слой следует возложить:

- организацию информационного взаимодействия разнородных источников;
- взаимодействие с другими приложениями, расположенными на локальных или удаленных системах;
- предоставление интерфейсов доступа к данным и процессам;
- диспетчеризацию совместного функционирования элементов сетевых ИС в рамках информационных и управляющих процессов;
- оптимизацию работы аппаратно-программных средств;
- использование в широком диапазоне систем, применяющих продукты от разных производителей;
- поддержание соединения между отправителем и получателем информации; если соединение между одной стороной прерывается, то сохранение данных в течение периода восстановления работоспособности;
- использование эффективных фильтров, когда получатель подписывается на разные данные;
- поддержание надежности соединения передачи полных и правильных данных;
- возможность построения геоинформационной модели на основе анализа и обработки поступивших сведений в ЕГИЦ.

В качестве промежуточного слоя программного обеспечения, успешно решающего эти задачи, предлагается использовать инфокоммуникационную технологию на основе расширенного протокола очереди сообщений – AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*) и брокера RabbitMQ, его реализующего [20].

Технически его применение осуществляется использованием любого стека клиента AMQP, развернутого на любой платформе, который может взаимодействовать со служебной шиной системы через данный протокол, при этом технология обмена сообщениями настраивается под нужды конкретного процесса или реализуемого проекта.

Основная идея состоит в том, что отдельные объекты, подсистемы (или независимые приложения) информационно-коммуникационной среды могут обмениваться произвольным образом сообщениями через AMQP-

брокер, который осуществляет маршрутизацию, гарантирует доставку, распределение потоков данных, подписку на нужные типы сообщений. Применение данного протокола целесообразно и по причине геосистемного разделения лесных экосистем на отдельные составляющие, в которых происходит постоянный процесс биологического обмена информацией между составными их компонентами. Представлять информацию послойно удобно и тем, что при необходимости возможно просматривать только определенные характеристики лесов. Переход от двухмерного представления данных к трехмерным на основе объектно-ориентированного подхода – это общий процесс развития представления информации, он позволяет подойти к анализу лесных экосистем наиболее комплексно. Именно поэтому технологии интероперабельности способны обеспечить системную интеграцию обмена информацией в моделируемых средах взаимодействующих компонентов. Такое представление информации требует и развития программных сред, классическое отображение данных в геоинформационных системах можно расширить технологиями интерактивного отображения информации, впоследствии интегрированных в среду ЕГИЦ (рис. 2).

Так как в больших программных системах большое количество различных объектов, модулей или подсистем, объединенных информационно-коммуникационной средой, то существуют определенные особенности использования предложенной технологии их межсистемного взаимодействия.

Важно заметить, что расширенный протокол очереди сообщений обеспечивает асинхронную систему обмена сообщениями независимых подсистем, сервисов или приложений, то есть нет необходимости быть онлайн все время тому, кто отправляет данные, или тому, кто их получает. Для использования системы в целях контроля использования лесной территории и фиксации нарушений лесным инспектором в полевых условиях данное условие на сегодняшний день является производственной необходимостью. Главное, чтобы узел-брокер был в сети и готов обмениваться информацией.

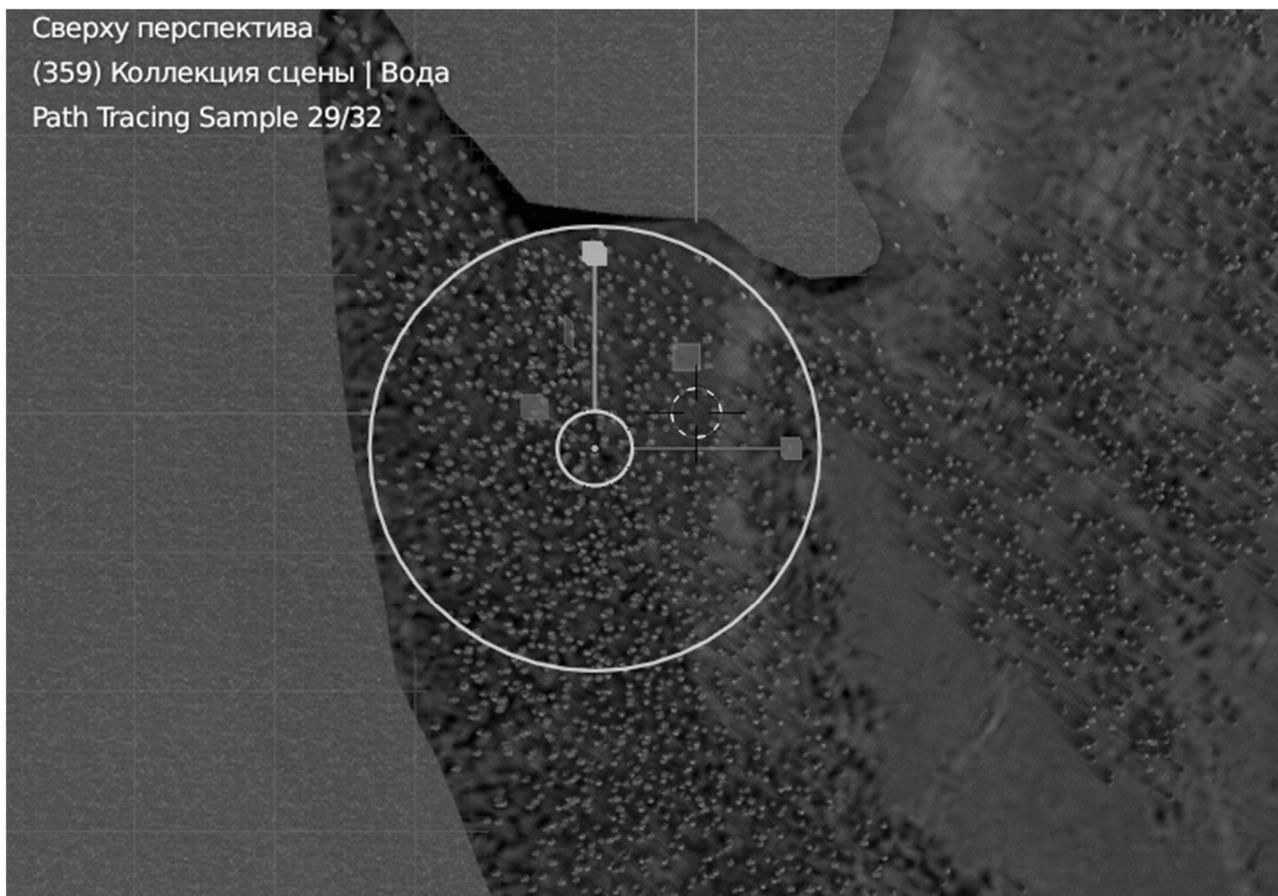


Рис. 2. Представление модели лесной экосистемы в 3D (вид сверху) с выбором участка для анализа данных

Взаимодействие между клиентами и брокерами (промежуточным ПО для обмена сообщениями) на основе стандартизации сообщений предоставляет возможность широкому кругу различных приложений и систем работать вместе независимо от их внутренней структуры.

Основными сущностями технологии AMQP являются:

- точка обмена: часть брокера (то есть сервер), которая получает сообщения и направляет их в очереди;
- очередь сообщений: именованный объект, с которым связаны сообщения и откуда их получают подписчики;
- привязки: правила распространения сообщений из точек обмена в очереди.

Очередь не имеет ограничений на количество сообщений, она может принять какое угодно большое их количество, можно считать ее бесконечным буфером. Любое количе-

ство издателей может отправлять сообщения в одну очередь, также любое количество подписчиков может получать сообщения из одной очереди.

AMQP – транспортный протокол по доставке сообщений от источника (producer) к потребителю (consumer) через брокера, в котором есть точки входа, к которым прикрепляются источники (точки обмена, exchanges) и точки выхода, очереди (queues), к которым прикрепляются потребители. Точки входа соединяются с очередями с помощью bindings-соединений (рис. 3).

Сообщения, отправленные брокеру, сначала отправляются на точки обмена, затем сообщения направляются в очереди, которые связаны с точками обмена специальными правилами (привязками). После получения сообщений от издателей точки обмена обрабатывают и направляют их в одну или несколько очередей.

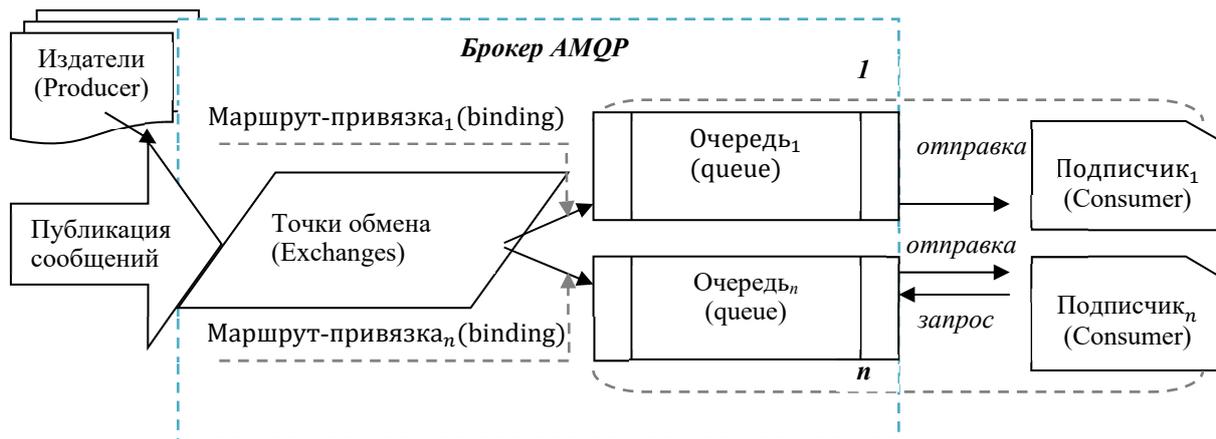


Рис. 3. Упрощенная схема реализации AMQP

Направление выполняемой маршрутизации зависит от типа точек обмена и их правил:

- Direct – доставляет сообщения в очереди по ключам маршрутизации. Ключи маршрутизации – это дополнительные данные, которые определяют, в какую очередь нужно отправить сообщение. Обычно точки обмена такого типа используются в балансировке нагрузки;

- Fanout – полностью игнорирует ключи маршрутизации и отправляет сообщения во все привязанные очереди. Точки обмена этого типа используются для распространения сообщений нескольким клиентам (рассылки уведомлений, обновлений, конфигураций и т. п.);

- Topic – используется в шаблонах Publish / Subscribe (асинхронный метод связи между сервисами). В этом случае ключ маршрутизации используется вместе с привязкой очередей к точке обмена.

Подписчики могут получать сообщения из очереди двумя способами.

Они могут быть предварительно подписаны на нее (очередь 1).

Подписчик может получить сообщения, отправив запрос в очередь (очередь n).

Получатель (consumer) соединяется с брокером и загружает информацию только с запрашиваемых или с заранее подписанных потоков в очередях.

Передаваемая информация организована в различные типы кадров. Кадры содержат методы протокола и другую связанную информацию. Все кадры имеют одинаковый формат: заголовок кадра, эффективный контент и конец кадра. Эффективный формат содержимого кадра зависит от типа кадра.

Так как сообщение – это не интерпретируемая брокером единица сущности, AMQP не определяет полезную нагрузку сообщений и поэтому передает разные типы и форматы данных. Это может быть и чат программы, и обмен данными между специфичными компонентами, используемыми в информационной системе ЕГИЦ как в периметре, так и за ним, перемещение информации может проводиться как в среде одной ОС, так и между разными.

В практическом плане использование технологии возможно на базе контактного взаимодействия обработки информации о состоянии лесной среды и ее хранения и передачи в общей базе данных системы ЕГИЦ. Например, при работе с крупным территориальным образованием – участковым лесничеством, где зачастую необходима оперативная фиксация информации и ее передача, после чего, как правило, требуется подтверждение от вышестоящих органов о принятии решения и последовательности дальнейших действий. Конечно стоит отметить определенную проблему инфокоммуникационного обеспечения территорий, в которых отсутствуют системы передачи данных, в таком случае решение данной проблемы достигается применением механизма отложенной передачи.

### Результаты и обсуждение

При вышеописанном и предложенном подходе архитектура информационной системы единого геоинформационного центра управления лесным хозяйством, с ее компонентами в периметре и за ним схематично представлены на рис. 4.

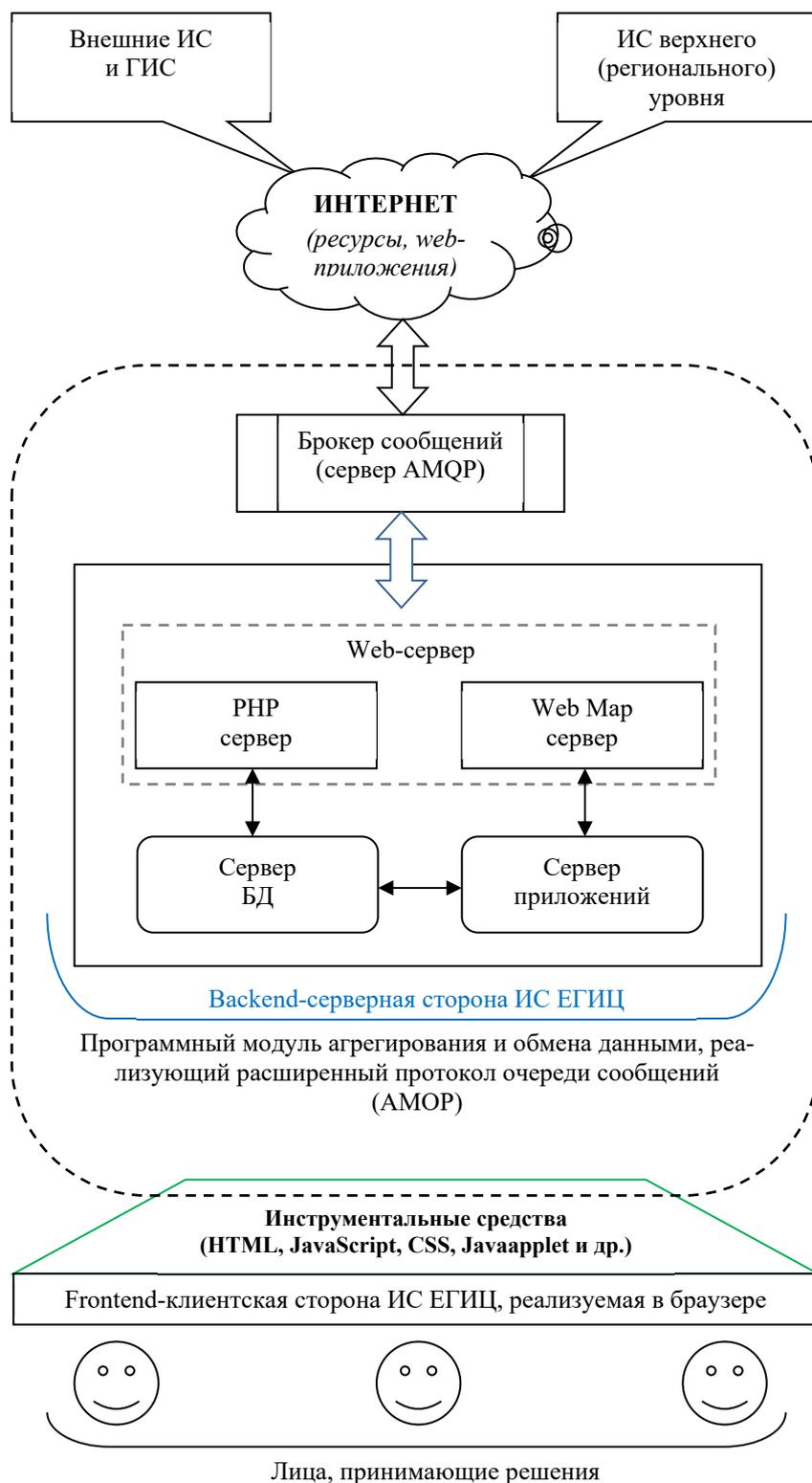


Рис. 4. Архитектура информационной системы ЕГИЦ в единой информационно-коммуникационной среде

Сетецентрический принцип построения информационной системы воплощен в объединении всех объектов системы как в ее периметре, так и вне его в единое информаци-

онное пространство (сетецентрическую среду). Интероперабельность обеспечивается рассмотренной технологией взаимодействия на базе расширенного протокола очереди со-

общений – AMQP, предоставляющий всем объектам системы возможности беспрепятственного взаимного обмена информацией независимо от выполняемых функций и от их внутренней структуры.

Исходя из задач и требований, определенных выше, здесь представлены.

1. Серверная платформа, включающая брокер сообщений (AMQP сервер), Web-сервер (MapServer и PHP сервер), сервер БД, сервер приложений.

2. Клиентская сторона, реализуемая в браузерах пользователей, включает инструментальные средства (HTML, JavaScript, CSS, Java applet и др.).

Брокер сообщений (AMQP сервер) с открытым исходным кодом обладает функциональными возможностями конфигурирования и позволяет настраивать его для работы практически с любой системой ЕГИЦ.

Взаимодействие пользователей и взаимосвязь с клиентской частью – frontend и с backend – серверной стороной осуществляется с помощью инструментальных средств браузеров (HTML, CSS, JavaScript, Java applet и др.), они как и любые элементы серверной платформы могут получать любую информацию в виде сообщений от любого объекта ИС ЕГИЦ с помощью брокера сообщений – AMQP сервера.

В сетевых системах для получения сообщений нет необходимости опрашивать сервера, достаточно подписаться на сообщения из очереди того или иного сервера (любого объекта) среды, и он передаст их в тот момент, когда они появятся.

Введение брокера сообщений – AMQP-сервера в состав информационной системы ЕГИЦ осуществляется с помощью бесшовной интеграции составляющих ее компонентов с любыми существующими веб-приложениями, находящимися в единой информационно-коммуникационной среде ЕГИЦ для работы с данными любого формата, применяемыми в решении различных лесохозяйственных задач.

Лесохозяйственные задачи, требующие единой среды взаимодействия гетерогенных данных с пользователями, включают в себя: картографию, охрану природы, составление кадастров, инвентаризацию лесов, контроль хода

производственных процессов в лесном хозяйстве, прогноз возможных пожаров, выявление заболеваний и распространение насекомых-вредителей на лесных территориях и др.

Особенно важным на сегодняшний день является комплексное представление информации в разном возможном способе ее отображения. Леса занимают обширные территории, зачастую являющиеся компонентами многих других составных систем. Более того, лес является средой обитания для других представителей фауны, здесь задача отображения картографической информации сопряжена с необходимостью отображения информации ситуационной, т. е. информации, меняющейся с течением времени. Поэтому статичные карты, показывающие ситуацию в момент ее разработки, требуют визуального дополнения, сценарного развития и прогнозирования, что становится возможным благодаря расширению опциональных интерфейсов и функций визуализации геоданных на карте, на основе технологий интеллектуального анализа данных и графического моделирования. Фактически данный процесс отображения и моделирования геопространственной информации на определенной территории можно обозначить как процесс геоинформационного моделирования территорий. Согласно научной работе [21], моделирование независимых объектов продиктовано потребностью отображения их содержания, взаиморасположения и формы именно для конкретной местности.

В такой конфигурации для конечных пользователей реализуется наиболее удобная форма организации работы с информационными ресурсами, при которой существует возможность не задаваться вопросом о том, где и в какой форме хранятся и циркулируют данные, с которыми он работает.

На основе предложенной архитектуры ЕГИЦ обеспечивается: многоканальный сбор, первичная обработка и накопление разноплановой фрагментарной информации, поступающей с различных компонентов единой информационно-коммуникационной среды, отражающих состояние этой среды и их текущее внутреннее состояние; формирование посредством распределенной компьютерной переработки собираемой и накапливаемой информа-

ции целостной картины из информационных фрагментов, которая определяет текущее состояние системы в целом и ее частей и является основой для выработки управляющих воздействий. Так, в работах [22, 23] особенности территориального управления направлены как на улучшение технологий управления территории, так и на выработку наиболее лучших принципов развития социально-экономического развития регионов, особенно тех, в которых преобладают лесные ресурсы, включая возможности использования технологий гипермедиа – 3D-моделирования, VR / AR-технологий при задачах пространственного анализа территорий и геообъектов [24, 25]. Можно отметить, что фундаментальной задачей применения Единого геоинформационного центра является эффективное управление территориями, покрытыми лесом, что может быть использовано как государственными учреждениями, так и компаниями-арендаторами земель лесного фонда.

### Заключение

По результатам исследования разработана аппаратно-программная реализация архитектуры информационной системы единого геоинформационного центра лесного хозяйства.

Подход управления землями лесного фонда на основе предлагаемой концепции единого геоинформационного центра и архитектуры информационной системы основан на четырех компонентах анализа текущей ситуации государственного управления лесами:

- отсутствием большого количества штата лесных инспекторов;
- огромной площадью земель лесного фонда, требующей периодического мониторинга территории;
- возможностью современных программно-аппаратных средств представлять, обрабатывать и визуализировать геопространственную информацию в удобном для восприятия виде;
- необходимостью развития и внедрения передовых методов в рамках адаптации цифровых технологий для социально-экономического развития территорий.

Применение представленной аппаратно-программной инфраструктуры единого геоинформационного центра обеспечивает интеграцию всех компонент и источников данных различной структуры в единую сетевую среду, обеспечивающую оперативное решение лесохозяйственных задач в новых условиях развития экономики и цифровой трансформации лесного комплекса.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горяева Е. В., Мохирев А. П. Инвентаризация зеленых насаждений с использованием ГИС-технологий на примере города Лесосибирска // Известия вузов. Лесной журнал. – 2015. – № 2 (344). – С. 80–89.
2. Разжигаева О. А., Громов А. М., Зубова С. С. Использование интерактивных (облачных) геоинформационных систем в лесном хозяйстве // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции, 04–15 апреля 2022 года. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2022. – С. 210–214.
3. Заяц А. М., Хабаров С. П. Беспроводные сенсорные сети в лесном хозяйстве. Построение, применение и исследование : учеб. пособие для вузов. – СПб. : Лань, 2022. – 128 с.
4. Заяц А. М., Хабаров С. П. Организация беспроводных AdHoc и HotSpot сетей в среде ОС Windows : учеб. пособие. – СПб. : Лань, 2022.
5. Вагизов М. Р., Заяц А. М. Концепция инфраструктуры единого геоинформационного центра управления лесным хозяйством (часть 1) // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 3. – С. 50–61.
6. Вагизов М. Р., Истомин Е. П., Колбина О. Н. и др. Разработка интеллектуальной геоинформационной системы для отрасли лесного хозяйства // Геоинформатика. – 2021. – № 3. – С. 4–13. – DOI 10.47148/1609-364X-2021-3-4-13.
7. Вагизов М. Р., Гаврилюк А. А. Управление лесными землями на основе геоинформационных моделей лесных экосистем // Информационные системы и технологии: теория и практика: сб. науч. тр. / Отв. ред. М. Р. Вагизов. – СПб. : СПбГЛТУ, 2022. Вып. 14. – С. 94–100.

8. Вагизов М. Р. Разработка технологии геоинформационного моделирования лесных экосистем (часть 3) [Электронный ресурс] // Геоинформатика. – 2022. – № 2. – С. 34–41. – Режим доступа: <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-2-34-41>.
9. Вагизов М. Р. Цифровое геомоделирование лесов: новый этап анализа данных о лесных экосистемах // Сборник научных трудов Совета молодых ученых СПбГЛТУ. – СПб. : СПбГЛТУ, 2021. – С. 4–8.
10. Широковская А. А., Новикова М. А. Обзор программного обеспечения при обработке материалов лесоустройства в камерально-полевых условиях // Информационные системы и технологии: теория и практика : сборник научных трудов (Санкт-Петербург, 24 февраля 2021 г.). – СПб. : СПбГЛТУ, 2021. – С. 185–188.
11. Короленко В. А., Синявский В. К., Верецагин С. И., Гочиев Н. Х. Парадигма сетецентрического управления и ее влияние на процессы управления войсками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://agat.by/upload/statii\\_files/files/statia%20nauka-3.pdf](https://agat.by/upload/statii_files/files/statia%20nauka-3.pdf)
12. Карпова А. В. Сетецентрическая концепция – новая реальность в современной экономике [Электронный ресурс] // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2016. – № 10. – С. 146–149. – Режим доступа: <http://economyandbusiness.ru/setetsentricheskaya-kontseptsiya-novaya-realnost-v-sovremennoj-ekonomike>
13. Макаренко А. Введение в сетецентрические информационно-управляющие системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rdcn.ru/estimation/2010/03042010.shtml>.
14. Сетецентрическая организация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Network-centric\\_organization](https://en.wikipedia.org/wiki/Network-centric_organization).
15. Затуливетер Ю. С. Компьютерный базис сетецентрического управления // Российская конференция с международным участием «Технические и программные средства в системе управления, контроля и измерения» (УКИ'10) : труды конференции (Москва, 18–20 октября 2010 г.). – М. : Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. – С.17–37.
16. ГОСТ Р 55062–2012. Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200102958>.
17. ГОСТ Р. Проект. Информационные технологии. Сетецентрические информационно-управляющие системы. Интероперабельность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.opensys.info/files/GOSSt\\_SC\\_IUS\\_prilozhenie1.pdf](http://www.opensys.info/files/GOSSt_SC_IUS_prilozhenie1.pdf).
18. Заяц А. М., Васильев Н. П. Проектирование и разработка web-приложений. Введение в frontend и backend разработку на javascript и node.js : учеб. пособие. – СПб. : Лань, 2019. – 127 с.
19. Заяц А. М., Васильев Н. П. Введение в гибридные технологии разработки мобильных приложений : учебное пособие. – СПб. : Лань, 2020. – 160 с.
20. AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) – открытый протокол прикладного уровня для передачи сообщений между компонентами системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AMQP>.
21. Шаннаа А. А., Кулик Е. Н. Современные средства пространственного моделирования территории в ГИС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке»: сб. материалов в 9 т. (Новосибирск, 24–26 апреля 2019 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. Т. 6, № 2. – С. 208–214. – DOI 10.33764/2618-981X-2019-6-2-208-214.
22. Карпик А. П., Мусихин И. А., Ветошкин Д. Н. Интеллектуальные информационные модели территорий как эффективный инструмент пространственного и экономического развития // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 155–163. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163.
23. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геокогнитивные методы обеспечения анализа и прогнозирования социально-экономического развития территорий // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 128–140. – DOI 0.35595/2414-9179-2021-2-27-128-140.
24. Templin T., Popielarczyk D., Gryszko M. Using Augmented and Virtual Reality (AR/VR) to Support Safe Navigation on Inland and Coastal Water Zones [Electronic resource] // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14. – P. 1520. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/rs14061520>.
25. Li Q., Liang J., Wang Q., Chen Y., Yang H., Ling H., Luo Z., Hang J. Numerical Investigations of Urban Pollutant Dispersion and Building Intake Fraction with Various 3D Building Configurations and Tree Plantings [Electronic resource] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19. – P. 3524. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/ijerph19063524>.

Об авторах

Марсель Равильевич Вагизов – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем и технологий.

Анатолий Моисеевич Заяц – кандидат технических наук, профессор кафедры информационных систем и технологий.

Получено 03.08.2022

© М. Р. Вагизов, А. М. Заяц, 2023

**Hardware and software implementation of the infrastructure of the Unified Geoinformationcenter of forestry**

M. R. Vagizov<sup>1\*</sup>, A. M. Zayats<sup>1</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, St. Petersburg, Russian Federation

\*e-mail: bars-tatarin@yandex.ru

**Abstract.** The presented material is a continuation of the article on the concept of Unified Geoinformation Center (UGS) infrastructure, revealing the architecture of the information system model implementing the network-centric approach as the main aspect – the principle of interoperability. The network-centric approach in building the information system of UGS is embodied in the union of all objects of the system, both within and outside the perimeter in a single information space (network-centric environment), and interoperability is ensured by the proposed interaction technology based on the advanced message queuing protocol – AMQP, which provides for all objects of the network-centric environment the possibility of free mutual exchange of information, regardless of the functions they perform and their internal structure. On this basis, the scheme of the architecture of the information system of the unified geoinformation center of the forestry, with components both in its perimeter and outside it, is proposed.

**Keywords:** network-centric principle of building an information system, principle of interoperability, architecture of an information system, geoinformation modelling of forest ecosystems

REFERENCES

1. Goryaeva, E. V., & Mokhirev, A. P. (2015). Inventory of green spaces using GIS-technology by the example of the city of Lesosibirsk. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal [Bulletin of Higher Educational Institutions. Russian Forestry Journal]*, 2(344), 80–89 [in Russian].
2. Razhigayeva, O. A., Gromov, A. M., & Zubova, S. S. (2022). The use of interactive (cloud-based) geoinformation systems in forestry. In *Sbornik materialov XVIII Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-tekhnicheskoi konferentsii: Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii Proceedings of the XVIII All-Russian (National) Scientific and Technical Conference: Scientific Creativity of Youth – the Forestry Complex of Russia*] (pp. 210–214). Yekaterinburg: Ural State Forestry University Publ. [in Russian].
3. Zayats, A. M., & Khabarov, S. P. (2022). *Besprovodnye sensornye seti v lesnom khoziaistve. Postroenie, primeneniye i issledovanie [Wireless sensor networks in forestry. Construction, application and research]*. St. Petersburg: Lan Publ., 128 p. [in Russian].
4. Zayats, A. M., & Khabarov, S. P. (2022). *Organizatsiia besprovodnykh AdHoc i HotSpot setei v srede OS Windows [Organization of wireless Ad Hoc and Hot Spot networks in Windows environment]*. St. Petersburg: Lan Publ. [in Russian].
5. Vagizov, M. R., & Zayats, A. M. (2022). Infrastructure concept of unified geoinformationcenter for forestry management (Part 1). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(3), 50–61 [in Russian].
6. Vagizov, M. R., Istomin, E. P., Kolbina, O. N., & et al. (2021). Development of intelligent geographic information system for the forestry industry. *Geoinformatika [Geoinformatics]*, 3, 4–13. doi: 10.47148/1609-364X-2021-3-4-13 [in Russian].
7. Vagizov, M. R., & Gavrilyuk, A. A. (2022). Management of forest land on the basis of geoinformation models of forest ecosystems. In *Sbornik nauchnykh trudov: Vyp. 14. Informatsionnye sistemy i tekhnologii:*

*teoriia i praktika [Collection of Scientific Papers: Issue 14. Information Systems and Technologies: Theory and Practice]* (pp. 94–100). M. R. Vagizov (Ed.). St. Petersburg: St. Petersburg State Forest Engineering University named after S. M. Kirov Publ. [in Russian].

8. Vagizov, M. R. (2022). Development of geoinformation modeling technology of forest ecosystems (part 3). *Geoinformatika [Geoinformatics]*, 2, 34–41. Retrieved from <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-2-34-41> [in Russian].

9. Vagizov, M. R. (2021). Digital geomodeling of forests: a new stage in the analysis of data on forest ecosystems. In *Sbornik nauchnykh trudov Soveta molodykh uchenykh SPbGLTU [Collection of scientific papers of the Council of Young Scientists of SPbFTU]* (pp. 4–8). St. Petersburg: St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirov Publ. [in Russian].

10. Shirokovskaya, A. A., & Novikova, M. A. (2021). Review of software for forest inventory processing in cameral-field conditions. In *Sbornik nauchnykh trudov: Informatsionnye sistemy i tekhnologii: teoriia i praktika [Collection of Scientific Works: Information Systems and Technologies: Theory and Practice]* (pp. 185–188). St. Petersburg: St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirov Publ. [in Russian].

11. Korolenko, V. A., Sinyavsky, V. K., Vereshchagin, S. I., & Gochiev, N. H. (n. d.). The Paradigm of network-centric management and its influence on troop management processes. Retrieved from [https://agat.by/upload/statii\\_files/files/statia%20nayka-3.pdf](https://agat.by/upload/statii_files/files/statia%20nayka-3.pdf) [in Russian].

12. Karpova, A. V. (2016). Network-centric concept – a new reality in the modern economy. *Ekonomika i biznes: teoriia i praktika [Economics and Business: Theory and Practice]*, 10, 146–149. Retrieved from <http://economyandbusiness.ru/setetsentricheskaya-kontseptsiya-novaya-realnost-v-sovremennoj-ekonomike> [in Russian].

13. Makarenko, A. (n. d.). Introduction to network-centric information-management systems. Retrieved from <http://www.rdcn.ru/estimation/2010/03042010.shtml> [in Russian].

14. Network-centric organization. (n. d.). Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Network-centric\\_organization](https://en.wikipedia.org/wiki/Network-centric_organization) [in Russian].

15. Zatuliveter, Y. S. (2010). Computer basis of network-centric control. In *Sbornik materialov rossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: Tekhnicheskie i programmnye sredstva v sisteme upravleniia, kontrolia i izmereniia (UKI'10) [Proceedings of the Russian Conference with International Participation: Technical and Software Tools in Control, Monitoring and Measurement Systems (UKI'10)]* (pp. 17–37). Moscow: Institute of Control Sciences Academician V. A. Trapeznikov of RAS Publ. [in Russian].

16. GOST P 55062-2012. Information technologies. Industrial automation systems and their integration. Interoperability. Main provisions. Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/1200102958> [in Russian].

17. GOST R. Project. Information technologies. Network-centric information-management systems. Interoperability. Retrieved from [http://www.opensys.info/files/GOST\\_SC\\_IUS\\_prilozhenie1.pdf](http://www.opensys.info/files/GOST_SC_IUS_prilozhenie1.pdf) [in Russian].

18. Zayats, A. M., & Vasiliev, N. P. (2019). *Proektirovanie i razrabotka web-prilozhenii. Vvedenie v frontend i backend razrabotku na javascript i node.js [Design and development of web-applications. Introduction to frontend and backend development in javascript and node.js]*. St. Petersburg: Lan Publ., 127 p. [in Russian].

19. Zayats, A. M., & Vasiliev, N. P. (2020). *Vvedenie v gibridnye tekhnologii razrabotki mobil'nykh prilozhenii [Introduction in hybrid technologies of mobile application development]*. Saint Petersburg: Lan Publ., 160 p. [in Russian].

20. AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) – an open application layer protocol for messaging between system components. (n. d.). Retrieved from <https://ru.wikipedia.org/wiki/AMQP>.

21. Shannaa, A. A., & Kulik, E. N. (2019). Modern means of spatial modeling of the territory in GIS. In *Sbornik materialov Interexpo GEO-Sibir'-2019: Masterskoy nauchnoy sessii: T. 6, no. 2. Pervye shagi v nauke [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2019: Master's Scientific Session: Vol. 6, No. 2. First Steps in Science]* (pp. 208–214). Novosibirsk: SSUGT Publ. doi 10.33764/2618-981X-2019-6-2-208-214 [in Russian].

22. Karpik, A. P., Musikhin, I. A., & Vetoshkin, D. N. (2021). Intelligent information models of territories as an effective tool for spatial and economic development. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(2), 155–163. doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163 [in Russian].

23. Karpik, A. P., Lisitskiy, D. V., Osipov, A. G., & Savinykh, V. N. (2021). Geocognitive methods of analysis and forecasting of socio-economic development of territories. *InterKarto. InterGIS*, 27(2), 128–140. doi: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-128-140 [in Russian].

24. Templin, T., Popielarczyk, D., & Gryszko, M. (2022). Using Augmented and Virtual Reality (AR/VR) to Support Safe Navigation on Inland and Coastal Water Zones. *Remote Sensing*, 14, P. 1520. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/rs14061520>.

25. Li, Q., Liang, J., Wang, Q., Chen, Y., Yang, H., Ling, H., Luo, Z., & Hang, J. (2022). Numerical Investigations of Urban Pollutant Dispersion and Building Intake Fraction with Various 3D Building Configurations and Tree Plantings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, P. 3524. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ijerph19063524>.

#### **Author details**

*Marsel R. Vagizov* – Ph. D., Associate Professor, Head of the Department of Information Systems and Technologies.

*Anatoly M. Zayats* – Ph. D., Professor of the Department of Information.

Received 03.08.2022

© *M. R. Vagizov, A. M. Zayats, 2023*